



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 43 20 443 C 2

21 Aktenzeichen: P 43 20 443.0-26
22 Anmeldetag: 21. 6. 1993
43 Offenlegungstag: 22. 12. 1994
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 8. 2001

51 Int. Cl.⁷:
F 16 M 11/00
A 61 B 19/00
A 61 M 5/14
A 61 G 13/10
A 61 G 15/10
F 16 M 11/24

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

61 Zusatz in: P 43 34 069.5

72 Erfinder:
Luber, Joachim, 73457 Essingen, DE; Reiss,
Annette, 89522 Heidenheim, DE; Mackevics, Arvids,
73432 Aalen, DE; Jakubowski, Heinz, 73447
Oberkochen, DE; Pelzer, Martin, 89522 Heidenheim,
DE

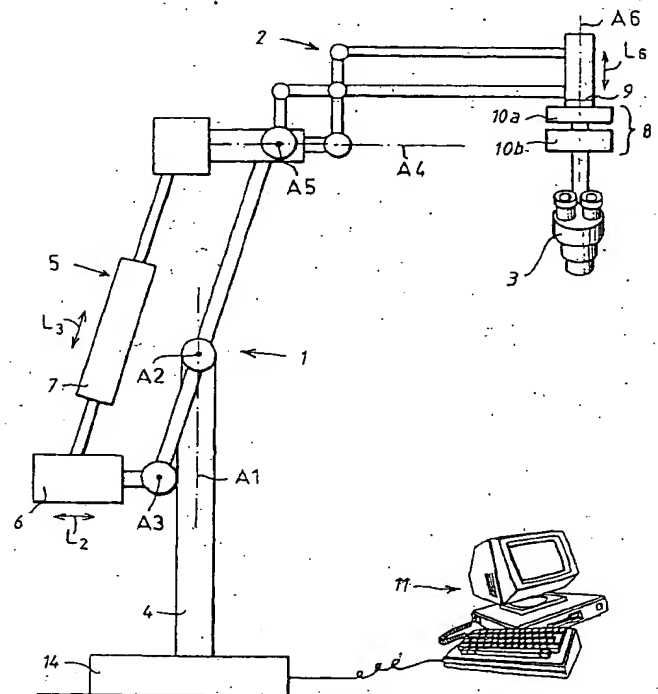
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US	42 29 136
EP	06 56 194 B1
EP	06 56 194 A1
EP	00 23 003 A1

54 Ausbalancierbares Stativ

57 Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um eine oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompensierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß

- mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mindestens ein statische Kräfte erfassender Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens eine der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) steuert.



DE 43 20 443 C 2

DE 43 20 443 C 2

Die vorliegende Erfindung betrifft ein mindestens teilweise automatisiert ausbalancierbares Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, das um ein oder mehrere Achsen beweglich ist entsprechend dem Oberbegriff der Ansprüche 1 bis 7 sowie ein geeignetes Verfahren zur mindestens teil-automatisierten Balancierung eines derartigen Statives.

Medizinische Stative, insbesondere für den Einsatz in der Neurochirurgie, werden üblicherweise vor dem eigentlichen Einsatz ausbalanciert. Eine derartige Ausbalancierung ist in der Regel erforderlich, um die von den am Stativ angeordneten Lasten, z. B. ein Operationsmikroskop, verursachten Kräfte derart zu kompensieren, daß für den jeweiligen Benutzer anschließend ein nahezu kräftefreies Führen des Statives bzw. der daran angeordneten Last möglich ist. Nach erfolgter Ausbalancierung verharrt das gesamte Stativ inklusive daran angeordneter Last in jeder konstruktiv möglichen Stellung. Die Ausbalancierung erfolgt dabei üblicherweise durch manuelles oder elektromotorisches Verschieben von Gegengewichten oder Vorspannen von Federn, um entsprechend der jeweiligen Stativ-Belastung einen indifferenten Gleichgewichtszustand herbeizuführen.

Ein Stativ, bei dem eine derartige Ausbalancierung vor dem eigentlichen Einsatz manuell erfolgt, ist beispielsweise in der EP 0 023 003 A1 der Anmelderin dargestellt.

Zur manuellen Ausbalancierung durch den Benutzer werden die einzelnen Achsen des Statives nacheinander von Hand in einer vorgeschriebenen Reihenfolge in bestimmte Positionen ausgelenkt. Hierzu öffnet der Benutzer die entsprechenden elektromagnetischen Bremse der Achse, um die jeweilige Achse freizugeben. Aus dem Beobachten des Verhaltens der Achse wird vom Benutzer anschließend auf den aktuellen Gleichgewichts- bzw. Nichtgleichgewichtszustand zurückgeschlossen. So kann beispielsweise eine Rückstellbewegung der Achse anzeigen, daß ein stabiles Gleichgewicht vorliegt. Ein Weiterkippen der Achse deutet auf ein labiles Gleichgewicht hin. Angestrebt wird jedoch ein Gleichgewichtszustand, bei dem der Achsschwerpunkt bzw. der Schwerpunkt des Systems aus Achse und den daran angreifenden, drehmoment-verursachenden Lasten im Drehpunkt der Achse oder auf einer definierten Geraden durch den Achsendrehpunkt liegt. Der erste Fall wird im folgenden als indifferentes Gleichgewicht bezeichnet. Je nachdem, welcher Zustand vorliegt und welche Achse ausbalanciert werden soll, müssen vom Benutzer die Last- und/oder Ausgleichkraft-Angriffspunkte bezüglich der auszubalancierenden Achse bewegt werden. Dies wird solange wiederholt, bis die Achse sich nach einer Auslenkung nicht mehr weiter bewegt. Ist dies der Fall, so liegt der Gesamtschwerpunkt aller Massen, die ein Drehmoment auf eine Achse ausüben, in der jeweiligen Achse oder alternativ auf einer definierten Geraden durch den Achsendrehpunkt.

Ein weiteres gattungsgemäßes Stativ ist aus der EP 0 476 551 A1 bekannt, bei dem die drehmomentkompensierenden Mittel Ausgleichsgewichte sind.

Aus der US 4,229,136 ist ein Stativ für einen Arbeitsroboter bekannt, welcher Werkzeuge unterschiedlichen Gewichts handhaben kann, wobei in einer Steuereinheit des Arbeitsroboters die Gewichte der unterschiedlichen Werkzeuge gespeichert sind, um den Druck eines druckluftbetätigten Ausbalancierungssystems in Abhängigkeit des jeweiligen Werkzeugs einzustellen.

In der EP 0 656 194 B1, Stand der Technik gemäß § 3 (2) PatG, ist ein gattungsgemäßes Stativ mit einem als Neigungssensor ausgebildeten Gleichgewichtssensor bekannt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes gattungsgemäßes Stativ bereitzustellen, sowie ein Verfahren zur teil-

automatisierten Balancierung eines derartigen Statives aufzuzeigen.

Diese Aufgabe wird durch ein Stativ mit den Merkmalen, der nebengeordneten Ansprüche 1 bis 7 und durch ein Verfahren gemäß Anspruch 11 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Gegenstände der nebengeordneten Ansprüche 1 bis 7 ergeben sich aus den Merkmalen der Ansprüche 8 bis 10.

Das erfindungsgemäße, ausbalancierbare Stativ kann nunmehr mit verringertem Aufwand vor dem Einsatz ausbalanciert werden. Dies hat eine kürzere Vorbereitungszeit vor der eigentlichen Operation zur Folge. Ferner ist aufgrund des automatisierten Balancier-Vorganges eine erhöhte Genauigkeit im Hinblick auf den angestrebten indifferenten Gleichgewichtszustand jeder Achse zu realisieren als dies vorher beim bloßen Abschätzen des eingestellten Gleichgewichtszustandes der Fall war.

Das erfindungsgemäße, ausbalancierbare Stativ kann je nach gewünschter Auslegung teilweise oder aber auch vollständig automatisch ausbalanciert werden. So ist beispielsweise durch den Einsatz der erfindungsgemäßen X-Y-Verschiebeeinheit ein separates Ausbalancieren lediglich einer Achse möglich, während andere Achsen weiterhin in bekannter Weise manuell ausbalanciert werden etc.

Zum Ausbalancieren sind optional Steuer- und/oder Regelkreise vorgesehen, die nach dem Erfassen eines vorliegenden Nicht-Gleichgewichtszustandes so lange drehmomentkompensierende Mittel auf ein oder mehrere Achsen einwirken lassen, bis der angestrebte Gleichgewichtszustand der jeweiligen Achse erreicht ist.

Für ein komplett automatisiert ausbalancierbares Stativ sind weitere Regelkreise vorgesehen, die ein definiertes Positionieren um die einzelnen Achsen ermöglichen.

Das erfindungsgemäße ausbalancierbare Stativ sowie das Verfahren zu seiner teil-automatisierten Balancierung wird in der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert.

Dabei zeigt

Fig. 1 den schematisiert dargestellten Aufbau eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Statives, inklusive der Orientierung der auszubalancierenden Achsen;

Fig. 2 eine schematisierte Darstellung der motorischen Positioniereinheit der X-Y-Verschiebeeinheit;

Fig. 3 einen Schnitt durch die Sensoreinheit der X-Y-Verschiebeeinheit mit einem darin angeordneten Kraftsensor;

Fig. 4 die Abwicklung der Sensoreinheit aus Fig. 3;

Fig. 5a ein Flußdiagramm für den automatisierten Ablauf der Balancierung des kompletten Statives nach dem Regelungsprinzip;

Fig. 5b die prinzipielle Signalverarbeitung mit den hierfür erforderlichen Komponenten in einem automatisch balancierbaren Stativ, das nach dem Regelungsprinzip arbeitet;

Fig. 6a ein Flußdiagramm für den automatisierten Ablauf der Balancierung des kompletten Statives, die i. w. nach einem Steuerungsprinzip arbeitet;

Fig. 6b die prinzipielle Signalverarbeitung mit den hierfür erforderlichen Komponenten in einem automatisch balancierbaren Stativ, das i. w. nach einem Steuerungsprinzip arbeitet;

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen ausbalancierbaren Statives schematisiert dargestellt. Der prinzipielle Aufbau dieses medizinischen Statives, das insbesondere in der Neurochirurgie eingesetzt wird, ist bereits in der EP 0 023 003 A1 der Anmelderin beschrieben, wobei die Balancierung bislang wie vorab erwähnt in mehreren manuellen Einzelschritten erfolgte.

Das ausbalancierbare Stativ besteht aus einer vertikalen

Säule 1, an der ein im wesentlichen horizontal ausgerichtetes Tragarm 2 gelenkig angeordnet ist. An einer Schnittstelle 9 des Tragarmes 2 ist als Last ein Operationsmikroskop 3 aufgehängt. Neben dem dargestellten Operationsmikroskop 3 können prinzipiell verschiedenste weitere Lasten, wie etwa Video-Kameras etc. an der Schnittstelle 9 des Tragarms 2 zusätzlich oder anstelle des Operationsmikroskopes 3 angeordnet werden.

Beim mindestens teilweise automatisierten Ausbalancieren des erfindungsgemäßen Statives werden zunächst die verschiedenen Tragarmachsen A4, A5, A6 durch das Verschieben der jeweiligen Last entlang der Achse A6 ausbalanciert, anschließend erfolgt das Ausbalancieren der Säulenachsen A2, A3 durch das Verschieben der Ausgleichsgewichte 6, 7.

Die vertikale Säule 1 des ausbalancierbaren Statives besteht im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem vertikalen Stativfuß 4 und einem um die horizontale Achse A2 beweglich zum Stativfuß 4 angeordneten Gelenk-Parallellogramm 5. Der vertikale Stativfuß 4 wiederum ist um eine vertikale Achse A1 relativ zum Stativ-Fußteil 14 beweglich. Das Gelenk-Parallellogramm 5 umfaßt weiterhin zwei motorisch – in Richtung der Pfeile – auf Gewinden verschiebbare Ausgleichsgewichte 6, 7, wobei die aktuellen Positionen der Ausgleichsgewichte 6, 7 am Gelenkparallellogramm 5 mittels, nicht dargestellter, Lage-Detektoren erfassbar sind. Als geeignete Lage-Detektoren kommen hierbei bekannte induktive Wegaufnehmer, potentiometrische Wegaufnehmer oder aber Inkremental-Wegaufnehmer bzw. absolut-codierte Wegaufnehmer in Frage, die allesamt etwa von der Fa. HEIDENHAIN in großer Auswahl angeboten werden.

Das Gelenkparallellogramm 5 ist desweiteren um die ebenfalls horizontal-orientierte Achse A3 in sich selbst beweglich.

Am oberen Ende des Gelenk-Parallellogrammes 5 ist ein Doppel-Gelenk-Parallellogramm als horizontaler Tragarm 2 gelenkig angeordnet. Der horizontale Tragarm 2 bzw. das Doppel-Gelenk-Parallellogramm ist relativ zum Gelenk-Parallellogramm 5 der vertikalen Säule 1 um die Achsen A4 und A5 beweglich. Die Achse A5 ist hierbei ebenso orientiert, wie die Achsen A2 und A3, d. h. horizontal ausgerichtet. Senkrecht hierzu ist die Achse A4 orientiert. Am anderen Ende des horizontalen Tragarmes 2 ist an einer Schnittstelle 9 die jeweilige Last bzw. noch die dazwischen angeordnete X-Y-Verschiebeeinheit 8 befestigt. Die Last kann inclusive der X-Y-Verschiebeeinheit 8 motorisch entlang der Achse A6 verschoben werden. Die X-Y-Verschiebeeinheit 8 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel zweiteilig aufgebaut. Ein Teil dient hierbei als motorische Positioniereinheit 10b, die ein definiertes Verschieben in einer Ebene ermöglicht; bei senkrecht ausgerichteter Achse A6 ist dies die horizontale X-Y-Ebene, wenn mit Z die vertikale Koordinatenrichtung bezeichnet wird. Der andere Teil der X-Y-Verschiebeeinheit 8, im folgenden als Sensor-Einheit 10a bezeichnet, beinhaltet mindestens einen Gleichgewichts-Sensor, der die angreifenden Last-Kräfte an der X-Y-Verschiebeeinheit 8 bzw. die auf die Achse A6 wirkenden Drehmomente erfaßt, wenn deren Schwerpunkt nicht in der Verlängerung der Achse A6 liegt. Der explizite Aufbau der X-Y-Verschiebeeinheit 8 wird im folgenden anhand der Fig. 2–4 detailliert erläutert.

Das ausbalancierbare Stativ umfaßt desweiteren, nicht dargestellte, elektromagnetische Bremsen für jede Achse, wie sie auch für manuell ausbalancierbare Stative bekannt sind. Mittels dieser elektromagnetischen Bremsen können die einzelnen Achsen wahlweise definiert festgestellt bzw. freigegeben werden.

Ferner ist für erfindungsgemäße ausbalancierbare Stativ eine Steuereinheit 11 mit einem Rechner vorgesehen, in dem

die Steuer- bzw. Regelkreise für die einzelnen auszubalancierenden Achsen softwaremäßig realisiert sind. Über eine Bedienkonsole kann der Benutzer den automatisierten Balanciervorgang starten, modifizieren etc..

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist nunmehr jeder auszubalancierenden Achse A2–A6 mindestens ein Gleichgewichts-Sensor zugeordnet, der einen eventuell vorliegenden Nicht-Gleichgewichtszustand relativ zur jeweiligen Achse erfaßt, d. h. dargestellt ist die Regelungsvariante des automatisiert ausbalancierbaren Statives. Die Steuerungsvariante benötigt nicht für alle auszubalancierenden Achsen derartige Gleichgewichts-Sensoren. Für das komplett automatisiert ausbalancierbare Stativ sind ferner jeweils Antriebe für die motorische Verstellung der Achsen A1–A6 vorgesehen. Als Antriebe dienen geeignete Servomotoren, die jeweils über Regelkreise der Steuereinheit definiert verfahren werden können. Diese Regelkreise enthalten ferner Lage-Detektoren, die die jeweilige Achsstellung erfassen können, z. B. geeignete Winkel-Geber etc.

Die vertikale Achse A1 ist üblicherweise ausbalanciert, wenn der Stativfuß 14 auf einer ebenen Fläche steht, d. h. für diese Achse ist in der Regel kein separates Ausbalancieren erforderlich. Eine diesbezügliche Kontrolle ist über eine Libelle oder dgl. möglich, die in den Stativfuß 14 integriert ist.

Angestrebt wird für die Achsen A2, A4 und A6 des ausbalancierbaren Statives jeweils ein indifferenten Gleichgewichtszustand. Dies ist der Fall, wenn der Schwerpunkt aller Massen, die ein Drehmoment auf die jeweilige Achse ausüben, im jeweiligen Drehpunkt liegt bzw. die angreifenden Drehmomente dieser Achse sich gegenseitig kompensieren. Hierzu wirken drehmomentkompensierende Mittel solange auf die jeweils auszubalancierende Achse ein, bis der indifferente Gleichgewichtszustand erreicht ist. Gleichzeitig erfolgt die Erfassung des aktuell vorliegenden Nicht-Gleichgewichts-Zustandes mittels Gleichgewichts-Sensoren.

Für die Achse A3 und A5 wird ein Gleichgewichtszustand angestrebt, der dann erreicht ist, wenn der Schwerpunkt aller Massen, die ein Drehmoment auf die jeweilige Achse ausüben, auf einer Geraden in Verlängerung des Achsdrehpunktes liegt. Dieser Gleichgewichtszustand wird ebenso wie der vorab beschriebene indifferente Gleichgewichtszustand erreicht.

Die automatisierte Balancierung des erfindungsgemäßen Statives kann nunmehr entweder nach dem Prinzip einer Regelung oder aber i. w. nach dem Prinzip einer Steuerung realisiert werden. Die jeweiligen Flußdiagramme inclusive der einzelnen Verfahrensschritte zu den entsprechenden Balanciervorgängen werden im folgenden erläutert. Es ist dabei keineswegs erforderlich, das gesamte Stativ derart auszubalancieren, vielmehr kann je nach gewünschter Auslegung des Statives beispielsweise lediglich eine automatisierte Ausbalancierung einer Achse erfolgen, während andere Achsen manuell ausbalanciert werden.

Als mögliche Gleichgewichts-Sensoren, die den jeweiligen Nicht-Gleichgewichtszustand einer Achse erfassen, können Kraftsensoren eingesetzt werden, die statische Kräfte erfassen. So ist es beispielsweise möglich, Achsbewegungen mittels Arretierungsbolzen zu blockieren und die am Arretierungsbolzen angreifenden Kräfte mit Kraftsensoren zu erfassen. Desweiteren können auch Gleichgewichts-Sensoren eingesetzt werden, die Relativneigungen der Achsen erfassen. Ebenso ist die Verwendung von Drehmomentensensoren möglich, die drehmomentfrei auf der jeweiligen Achse montiert sind und das auf die jeweilige Achse wirkende Drehmoment unmittelbar detektieren können.

Als drehmomentkompensierende Mittel sind für jede Achse motorisch verstellbare Ausgleichsgewichte wie im

dargestellten Ausführungsbeispiel einsetzbar. Alternativ ist jedoch auch die definierte Einstellung von Kompensations-Momenten durch z. B. motorisch verstellbare Federn möglich. Die aktuellen Positionen der motorisch verschiebbaren Ausgleichsgewichte werden mittels bekannter Lage-Detektoren erfaßt. Dies gilt ebenso für den jeweils aktuellen Kompressionszustand der Federn, der mittels Lagedetektoren erfaßbar sein muß.

Beispielhaft für einen einzelnen automatisierten Ausbalancierungsvorgang wird im folgenden anhand der Fig. 2-4 das Ausbalancieren der Achse A6 sowie die dazu erforderliche X-Y-Verschiebeeinheit 8 beschrieben.

In Fig. 2 ist hierbei die motorische Positioniereinheit 10b als eine Komponente der zweiteiligen X-Y-Verschiebeeinheit 8 schematisiert dargestellt. Die motorische Positioniereinheit 10b ermöglicht die definierte Positionierung des daran angeordneten Operationsmikroskops in einer Ebene senkrecht zur Achse A6. Die Positioniereinheit 10b ist hierzu aus mehreren Einzelteilen 11a, 11b, 11c aufgebaut, die sich motorisch gegeneinander verschieben lassen. Die Einzelteile 11a, 11b, 11c sind über Linearführungen 12, 13 relativ zueinander beweglich. Über ein Verbindungselement 15 wird die motorische Positioniereinheit 10b am Sensorteil 10b der X-Y-Verschiebeeinheit 8 angeordnet, an einem Anschlußflansch 16 ist unterhalb das Operationsmikroskop befestigt.

Der Aufbau der Sensoreinheit 10a der X-Y-Verschiebeeinheit 8 wird anhand der Fig. 3 und 4 näher erläutert, ebenso wie der erste automatisierte Verfahrensschritt zur Stativ-Ausbalancierung, d. h. die Ausbalancierung der Achse A6. Die Sensoreinheit 10a ist im dargestellten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 über der motorischen Positioniereinheit 10b angeordnet und dient zum Erfassen der Schwerpunktlage der Last in der X-Y-Ebene relativ zur Achse A6. Zur gewünschten Ausbalancierung wird zunächst die Achse A6 senkrecht gestellt, was mittels eines Neigungsmessers in der X-Y-Verschiebeeinheit 8 kontrollierbar ist. Als geeigneter Neigungsmesser kann etwa ein Inclinometer oder aber eine elektrische Libelle eingesetzt werden. Das senkrechte Ausrichten der Achse A6 ist manuell durch die visuelle Kontrolle der Neigungsmesser möglich, kann aber ebenso über einen motorischen Regelkreis erfolgen, bei dem die Relativneigung erfaßt wird und über entsprechende Antriebe eine Positionierung der Achse A6 erfolgt. Das senkrechte Ausrichten der Achse A6 erfolgt dabei über das motorische Verstellen des Doppel-Gelenkparallelogrammes um die Achsen A4 und A5, wozu die entsprechenden Bremsen dieser Achsen freizugeben und die diesen Achsen zugeordneten Antriebe über die diesen Achsen zugeordneten Regelkreise entsprechend anzusteuern sind. Nach erfolgtem senkrechten Ausrichten der Achse A6 werden die den Achsen A4 und A5 zugeordneten Bremsen geschlossen. Im nächsten Schritt wird der Schwerpunkt der angehängten Last in die Verlängerung der senkrecht gestellten Achse A6 gebracht. Hierzu wird mit Hilfe des Sensorteiles 10a der X-Y-Verschiebeeinheit 8 das auf die senkrecht gestellte Achse A6 durch die Last ausgeübte Drehmoment erfaßt und über einen Regelkreis dieses Drehmoment durch entsprechendes Verschieben der angehängten Last mittels der Positioniereinheit 10b kompensiert.

In der Sensoreinheit 10a der X-Y-Verschiebeeinheit 8 sind zur Erfassung des an der Achse A6 angreifenden Drehmomentes radialsymmetrisch in einem gleichschenkligen Dreieck drei Kraftsensoren angeordnet. Alternativ hierzu ist selbstverständlich auch eine andere Anordnung der Kraftsensoren möglich. Einen vertikalen Schnitt durch die Sensoreinheit 10a zeigt Fig. 3. Die Kraftsensoren 21a von denen in dieser Darstellung lediglich einer sichtbar ist, sind in ra-

dialer Richtung in einer runden Dose 20 angeordnet und in Richtung Dosen-Mittelpunkt über zwei Schrauben 22a, 22b an senkrechten Rippen 28 der Dose 20 befestigt. Die Dose 20 ist über einen Anschlußflansch 23 mit der Schnittstelle des vertikalen Stativ-Tragarmes und damit mit der Achse A6 verbunden. Die Einleitung der aktuell wirkenden Lastkräfte auf die Kraftsensoren 21a und damit das Erfassen der auf die Achse A6 wirkenden Drehmomente erfolgt über einen zentral in der Dose 20 angeordneten Zylinder 24. Der Zylinder 24 ist mit einer Verbindungsplatte 25 verschraubt, die mit den Kraftsensoren 21a verbunden ist. Dabei erfolgt die Krafteinleitung über die Verbindungsplatte 25 auf die Kraftsensoren 21a über zwei Gewindestifte 26a, 26b, die von oben und unten an die Kraftsensoren 21a herangeführt werden.

Zwischen den Kraftsensoren 21a und der Verbindungsplatte 25 ist weiterhin eine kreisringförmige Blattfeder 27 angeordnet, die abwechselnd mit der Verbindungsplatte 25 und der Dose 20 verbunden ist. Die Blattfeder 27 nimmt beim Angreifen einer Last am Zylinder 24 Verschiebungen in Richtung der Achse A6 auf und überträgt diese auf die Kraftsensoren 21a.

Greift nunmehr am Zylinder 24 eine Kraft an, so wird jeder der Kraftsensoren 21a um einen bestimmten Meßweg ausgelenkt und registriert eine angreifende Kraft. Beim asymmetrischen Angreifen von Kräften an die einzelnen, radial verteilten Kraftsensoren 21a werden unterschiedliche Kräfte von der angeschlossenen Steuereinheit erfaßt. Aus der bekannten Anordnungs-Geometrie kann auf das an der Achse A6 aktuell angreifende Drehmoment rückgeschlossen werden und über die motorische Positioniereinheit 10b ein Verschieben der angehängten Last erfolgen, bis das aktuell erfaßte Drehmoment gleich Null ist. Dies ist der Fall, wenn sämtliche Kraftsensoren das gleiche Meßsignal liefern, d. h. die an der Achse A6 angreifenden Kräfte rotationsymmetrisch gleich verteilt sind.

Der erfindungsgemäße Aufbau des Sensorteiles 10a, bestehend aus einem stativ-festen Aufhängungsteil mit der runden Dose 20 und einem hierzu beweglichen Lastteil mit dem Zylinder 24 gewährleistet die zuverlässige Erfassung der an der Achse A6 angreifenden Drehmomente, wenn der resultierende Lastschwerpunkt noch nicht in der Verlängerung der senkrecht gestellten Achse A6 liegt.

Eine Teil-Abwicklung der Sensoreinheit 10a aus Fig. 3 ist in Fig. 4 dargestellt. Deutlich erkennbar ist in dieser Darstellung die abwechselnde Befestigung der kreisringförmigen Blattfeder 27 an der Dose 20 und der Verbindungsplatte 25, d. h. abwechselnd am Last- und Aufhängungsteil. Ferner ist in dieser Darstellung ein zweiter der drei Kraftsensoren 21a, 21b erkennbar, der ebenfalls über zwei Gewindestifte 26b, 27b mit der Verbindungsplatte 25 und damit mit dem Aufhängungsteil verbunden ist.

Die beschriebene Verfahrensweise, um den Schwerpunkt der angehängten Last in die Verlängerung der Achse A6 zu bringen, ist für die Steuerungs- als auch für die Regelungs-Variante des erfindungsgemäßen ausbalancierbaren Statives gleich, d. h. der erste erforderliche Regelkreis R1 ist für beide Ausführungsformen identisch. Die verwendeten Begriffe "Steuerungs- bzw. Regelungsvariante" des ausbalancierbaren Statives sind demzufolge nicht so zu verstehen, daß lediglich Steuer- oder Regelkreise zum automatisierten Ausbalancieren eingesetzt werden, vielmehr enthält beispielsweise auch die sog. Steuerungsvariante mehrere Regelkreise zum definierten Anfahren bestimmter Stativpositionen sowie den Regelkreis R1 zur eben beschriebenen Ausbalancierung der Achse A6.

Erst nach dem Verfahrensschritt der Ausbalancierung der Achse A6 unterscheiden sich die beiden automatisierten

Ausbalancier-Verfahren.

Im folgenden soll zunächst der automatisierte Ausbalanciertvorgang für das gesamte Stativ beschrieben werden, das nach dem Regelungsprinzip arbeitet. Eine graphische Darstellung dieses Ablaufes ist im Flußdiagramm der Fig. 5a gegeben.

Nach dem vorab beschriebenen Verfahrensschritt zur automatisierten Positionierung des Lastschwerpunktes in der Verlängerung der senkrecht gestellten Achse A6 über den ersten Regelkreis R1, wird die Achse A6 nacheinander um die Achsen A4 und A5 über die diesen Achsen zugeordneten Antriebe motorisch in beliebige Positionen ausgelenkt bzw. schräggestellt. Die automatisierte Ausbalancierung der Achse A6 um die beiden Achsen A4 und A5 erfolgt jeweils durch das motorische Verfahren der angehängten Last inklusive X-Y-Verschiebeeinheit entlang der Achse A6. Hierzu wird in einem zweiten Regelkreis R2 jeweils das Drehmoment um die Achse A4 oder A5 über geeignete Gleichgewichtssensoren erfaßt und die Last motorisch entsprechend entlang der Achse A6 verschoben, bis der gewünschte Gleichgewichtszustand erreicht ist. Für die Achse A4 wird dabei ein indifferenter Gleichgewichtszustand angestrebt, während für die Achse A5 ein Gleichgewichtszustand realisiert wird, bei dem der System-Schwerpunkt auf der Achse A4 liegt.

Da auf die beiden Achsen A4 und A5 in vertikaler Richtung das gleiche, durch die Last verursachte Drehmoment wirkt, kann ggf. einer der beiden Balanciertvorgänge weggelassen werden, da diese Ausbalancierung automatisch bei der erfolgten Ausbalancierung der jeweils anderen Achse gewährleistet ist. Somit ist lediglich ein einziger zweiter Regelkreis R2 zur Ausbalancierung der Achsen A4 und A5 erforderlich.

Im Anschluß erfolgt das automatisierte Ausbalancieren des Gelenkparallelogrammes 5 bzw. das Ausbalancieren der Achsen A3 und A2. Hierzu wird das Gelenkparallelogramm 5 zunächst über die motorischen Antriebe der Achsen A2 und/oder A3 senkrecht gestellt, wobei das Erfassen der aktuellen Position des Gelenkparallelogrammes 5 über den den Achsen A2 und/oder A3 zugeordneten Lage-Detektoren erfolgt. Die Regelkreise R7 und/oder R8 bewirken die senkrechte Ausrichtung. In einem dritten Regelkreis R3 wird das Drehmoment um die Achse A3 mittels dieser Achse zugeordneten Gleichgewichtssensoren erfaßt und das Ausgleichsgewicht 6 als drehmoment-kompensierendes Mittel motorisch verfahren. Anschließend wird über die Regelkreise R7 und/oder R8 das Gelenkparallelogramm 5 wieder beliebig schräggestellt und die Achsstellungs-Informationen über Lage-Detektoren erfaßt. Ein vierter Regelkreis R4 sorgt schließlich durch das Verfahren des Ausgleichsgewichtes 7 dafür, daß ein indifferenter Gleichgewichtszustand um die Achse A2 realisiert wird, wozu die dieser Achse zugeordneten Gleichgewichts-Sensoren laufend den aktuellen Gleichgewichts-Zustand erfassen.

Nach diesem Verfahrensschritt ist das komplette Stativ ausbalanciert.

Die Signalwege inclusive der erforderlichen Regelkreise für ein komplett automatisiert-ausbalancierbares Stativ, das nach dem Regelungsprinzip arbeitet, sind in Fig. 5b vereinfacht dargestellt. Zur Ausbalancierung des gesamten Statives sind insgesamt acht Regelkreise R1-R8 vorgesehen, die z. B. in einem Mikro-Prozessor μP der angeschlossenen Steuereinheit softwaremäßig implementiert sind.

Ein erster Regelkreis R1 übernimmt die automatisierte Balancierung der Achse A6 mit Hilfe der X-Y-Verschiebeeinheit. Der zweite Regelkreis R2 dient zur Ausbalancierung der Achse A5 und/oder A4 durch die Translationsbewegung der Last entlang der Achse A6. Ein weiterer Regel-

kreis R3 ist vorgesehen zur Ausbalancierung der Achse A3 mit Hilfe des motorisch verstellbaren Gewichtes 6. Ein vierter Regelkreis R4 übernimmt die Ausbalancierung der Achse A2 über das Ausgleichsgewicht 7.

Mittels Gleichgewichtssensoren werden die jeweiligen Nicht-Gleichgewichtszustände der vier Achsen erfaßt und über A/D-Wandler an den Mikroprozessor μP der Steuereinheit übermittelt. Dieser ermittelt jeweils die erforderliche Stellgröße, um den angestrebten Gleichgewichtszustand zu realisieren und übergibt diesen Stellgrößen-Wert über einen D/A-Wandler an den Motor des Regelkreises, der die jeweiligen drehmomentkompensierenden Mittel entsprechend verfährt usw.. Diese Abläufe wiederholen sich für jeden der Regelkreise R1-R4 solange, bis der angestrebte Gleichgewichtszustand vorliegt.

Zur automatisierten Ausbalancierung des kompletten Statives sind vier weitere Regelkreise R5-R8 für die motorischen Antriebe der Achsen A2-A5 erforderlich, die das Stativ automatisch in die zur Ausbalancierung erforderlichen Positionen bringen. Die Regelkreise R5-R8 sind ebenfalls über den Mikroprozessor der Steuereinheit realisiert, der diese Motoren über seinen D/A-Ausgang bzw. einen entsprechenden D/A-Wandler ansteuert. Das Erfassen der jeweiligen Achs-Stellung erfolgt mittels Lagedetektoren, deren Signale über einer A/D-Wandler dem Mikroprozessor zugeführt werden.

In einer alternativen Variante des erfindungsgemäßen Statives werden nicht sämtliche Achsen über separate Regelkreise ausbalanciert, vielmehr erfolgt eine teilweise Ausbalancierung einzelner Achsen nach dem Steuerungsprinzip. Insgesamt resultiert in dieser Ausführungsform ein etwas geringerer apparativer und steuerungstechnischer Aufwand als in der vorab beschriebenen Regelungs-Variante.

Die einzelnen Verfahrensschritte zur automatisierten Ausbalancierung dieses Ausführungsbeispiels werden anhand des Flußdiagrammes in Fig. 6a erläutert. Die ersten Verfahrensschritte zur Ausbalancierung der Achse A6 sind dabei mit den vorab beschriebenen Verfahrensschritten bei der Regelungs-Variante des erfindungsgemäßen Statives identisch. Es wird analog hierzu die Achse A6 über die Regelkreise R5' und R6' senkrecht gestellt, die Bremsen A4 und A5 geschlossen und anschließend über den Regelkreis R1' und die X-Y-Verschiebeeinheit der Lastschwerpunkt in die Verlängerung der Achse A6 verfahren. Darauf wird das Lastgewicht aus den Gleichgewichts-Meßwerten der X-Y-Verschiebeeinheit, d. h. den Kraftsensoren, ermittelt. Anschließend erfolgt ein Schrägstellen der Achse A6 um die Achse A4 durch entsprechendes Auslenken des Doppel-Gelenkparallelogrammes über den Regelkreis R5'. Hierbei wird gleichzeitig der Betrag der jeweiligen Auslenkung mittels Lagedetektoren erfaßt. Alternativ hierzu kann das selbe Verfahren für die Achse A5 durchgeführt werden, d. h. das Schrägstellen der Achse A6 um die Achse A5 durch entsprechendes Auslenken des Gelenkparallelogrammes um A5. Auch hierbei wird jeweils die gewählte Achsstellungs-Information über Lage-Detektoren erfaßt.

Aus den ermittelten Meßwerten, d. h. den erfaßten angreifenden Drehmomenten auf A6 bei Auslenkung der Achse A6 um A4 oder A5 bei den bekannten Achsstellungen, wird über den Mikroprozessor μP auf die für ein indifferentes Gleichgewicht erforderliche Verschiebung L_6 des Lastgewichtes entlang der Achse A6 rückgerechnet. Hierzu werden sämtliche, auf die Achse A6 wirkenden Drehmomente sowie die Schwerpunktlage ermittelt, woraus zusammen mit der bekannten Stativ-Geometrie wiederum die Soll-Schwerpunktlage auf A6 resultiert. Die Last wird anschließend motorisch um den bestimmten Verschiebungsbetrag L_6 entlang A6 verfahren. Darauf wird das Gelenk-Parallelogramm über

die Regelkreise R5' und R6' in eine beliebige Position gebracht, die Achsstellungs-Informationen können ggf. über Lage-Detektoren erfaßt werden, was jedoch nicht unbedingt nötig ist.

In diesem Verfahrensschritt ist es dabei desweiteren nicht unbedingt erforderlich, daß das Doppelgelenk-Parallelogramm motorisch über die beiden Regelkreise R5' und R6' in eine definierte Position gebracht wird, vielmehr kann zur Meßwerterfassung auch eine beliebig eingenommene Position ausgewertet werden, was den regelungstechnischen Aufwand reduziert.

Im Anschluß wird aus den ermittelten Drehmomentwerten auf die Achse A6 bei bekannter Stativ-Geometrie auf die erforderlichen Sollstellungen der Ausgleichsgewichte 6 und 7 rückgerechnet. Die Ausgleichsgewichte werden anschließend um die Verschiebungsbeträge L_2 und L_3 in die ermittelten Soll-Positionen verfahren, wobei sich die erforderlichen Verschiebungsbeträge wieder aus der bekannten Stativgeometrie ergeben.

Die bekannte Stativstellung und die bekannten, an den jeweiligen Achsen angreifenden Drehmomente, können zur erforderlichen Bestimmung der Verschiebungsbeträge L_6 , L_2 und L_3 auch dergestalt ausgewertet werden, daß anhand einer in der Steuereinheit implementierten Vergleichstabelle die erfaßten Meßwerte mit empirisch bestimmten Eichwerten verglichen werden. Diese Eichwerte enthalten die erforderlichen Verschiebe-Informationen bei definierten Stativstellungen und Kräfteverhältnissen. Mit diesen Eichwerten werden die ermittelten Meßwerte verglichen und anschließend das Lastgewicht und die Ausgleichsgewichte um die entsprechenden Verschiebe-Beträge verschoben. Ein derartiges Vergleichs-Verfahren kann beispielsweise über die angeschlossenen Steuereinheit softwaremäßig realisiert werden.

Die Signalwege der Ausführungsform des erfindungsgemäßen Statives, das i. w. nach dem vorab beschriebenen Steuerungsprinzip arbeitet, sowie die erforderlichen Steuer- und Regelkreise sind in Fig. 6b vereinfacht dargestellt. Zur Ausbalancierung des kompletten Statives sind in der beschriebenen Steuerungsvariante drei Regelkreise R1', R5' und R6' sowie drei Steuerkreise S1-S3 vorgesehen. Die Steuer- und Regelkreise werden wie im Ausführungsbeispiel, das komplett nach dem Regelungsprinzip aufgebaut war, über den Mikroprozessor μP der angeschlossenen Steuereinheit realisiert. Der erste Regelkreis R1' ist identisch mit dem der vorab beschriebenen Regelungsvariante. Er übernimmt die automatisierte Balancierung der Achse A6 mit Hilfe der X-Y-Verschiebeeinheit. Die Achsen A2 und A3 sowie A4 bzw. A5 werden im Gegensatz zur Regelungsvariante mit Hilfe der Steuerkreise S1-S3 ausbalanciert. Der Steuerkreis S1 übernimmt das Verfahren der Last entlang der Achse A6 um den bestimmten Verschiebebetrag L_6 . Mittels Lagedetektoren kann die aktuelle Last-Position auf der Achse A6 erfaßt werden. Die beiden anderen Steuerkreise S2 und S3 dienen zum definierten motorischen Verschieben der Ausgleichsgewichte 6 und 7 um die ermittelten Verschiebebeträge L_1 und L_2 . Die Erfassung der Ausgleichsgewichts-Positionen auf dem Gelenk-Parallelogramm 5 ist ebenfalls wieder mittels geeigneter Lagedetektoren möglich.

Die beiden Regelkreise R5' und R6' sind in einer vollautomatisierten Ausführungsform erforderlich, um das ausbalancierbare Stativ nach der Ausbalancierung der Achse A6 mittels R1' definiert um die Achsen A4 und A5 in jeweils beliebige Positionen auszulenken. Nach den erfolgten Auslenkungen um diese beiden Achsen werden die angreifenden Lastmomente bzw. Achsstellungen erfaßt und daraus die erforderlichen Stellgrößen für die drei Steuerkreise S1-

S3 ermittelt und an die entsprechenden Steuerkreise weitergegeben. Prinzipiell können die erforderlichen Stellgrößen auch aus beliebigen Positionen des Parallelogrammes ermittelt werden, d. h. diese Regelkreise zum definierten Verfahren sind nicht unbedingt erforderlich.

Der Mikroprozessor μP der Steuereinheit erfaßt jeweils die aktuellen Lage- bzw. Gleichgewichtsinformationen über einen A/D-Wandler und ermittelt die Steuergrößen der drei Steuerkreise S1-S3. Über einen D/A-Wandler werden diese Steuergrößen abgegeben.

Diese Variante des erfindungsgemäßen, ausbalancierbaren Statives erlaubt eine weniger aufwendige Dimensionierung der erforderlichen Steuer- bzw. Regelungs-Software.

Patentansprüche

1. Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um eine oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompensierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mindestens ein statische Kräfte erfassender Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens eine der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) steuert.

2. Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um eine oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompensierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mindestens ein Drehmomente erfassender Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens eine der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) steuert.

3. Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um mindestens zwei Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompensierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- den mindestens zwei Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) jeweils mindestens ein Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens zwei Regelkreise (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens zwei der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden

Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens zwei Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) steuern.

4. Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um eine oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompensierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß

- mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mindestens ein Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens eine der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) steuert, wobei die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7) mindestens zwei motorisch verschiebbare Ausgleichsgewichte (6, 7) umfassen.

5. Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um eine oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompensierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß

- mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mindestens ein Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens eine der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) steuert, wobei die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7) mindestens ein motorisch verschiebbares Ausgleichsgewicht (6, 7) umfassen, dessen Position mittels mindestens eines Lage-Detektors erfaßbar ist.

6. Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um eine oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompensierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß

- mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mindestens ein Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens eine der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) steuert, wobei die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7) mindestens eine motorisch verstellbare Feder umfassen.

7. Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, wobei das Stativ um eine oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) beweglich ist und drehmomentkompen-

sierende Mittel zum Ausgleich des von der jeweiligen Last hervorgerufenen Drehmoments umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß

- mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mindestens ein Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) zur Erfassung eines Nichtgleichgewichts bzw. Gleichgewichts zugeordnet ist,
- mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis (R1, R2, R3, R4; R1') bei einer Erfassung eines Nichtgleichgewichts um mindestens eine der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) die drehmomentkompensierenden Mittel (6, 7, 8) zur Herstellung eines Gleichgewichtszustandes um die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) steuert, wobei mindestens ein Mikroprozessor vorgesehen ist, in dem die Steuer- und/oder Regelkreise implementiert sind.

8. Stativ nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit einer X-Y-Verschiebeeinheit (8), welche zwischen dem Stativ und der Last (3) angeordnet ist und ein motorisches Positionieren der Last (3) in einer Ebene ermöglicht, wobei die X-Y-Verschiebeeinheit (8) mindestens einen Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) umfaßt, der ein Erfassen der an der X-Y-Verschiebeeinheit (8) angreifenden Last-Kräfte ermöglicht.

9. Stativ nach Anspruch 8, wobei die X-Y-Verschiebeeinheit (8) mindestens einen Neigungs-Sensor umfaßt.

10. Stativ nach Anspruch 8, wobei zur Erfassung der angreifenden Last-Kräfte drei radialsymmetrisch angeordnete Gleichgewichts-Sensoren (21a, 21b) vorgesehen sind, die sowohl mit der Last (3) als auch mit dem Stativ beweglich verbunden sind und einen definierten Meßweg zurücklegen können.

11. Verfahren zur mindestens teil-automatisierten Balancierung eines Stativs nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Regelkreis (R1, R2, R3, R4) nach dem Erfassen eines Nichtgleichgewichtszustands mindestens einer der Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) mittels Gleichgewichts-Sensoren (21a, 21b) solange auf drehmomentkompensierende Mittel einwirkt, bis für die mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein Gleichgewichtszustand erreicht wird, wobei auf jede auszubalancierende Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein separater Regelkreis (R1, R2, R3, R4) einwirkt und sämtliche Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) des Stativs derart nacheinander ausbalanciert werden.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

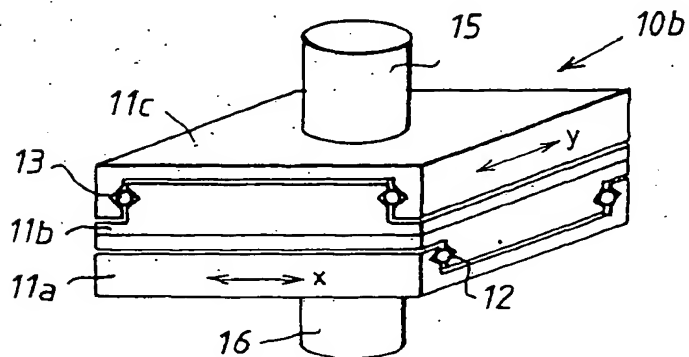
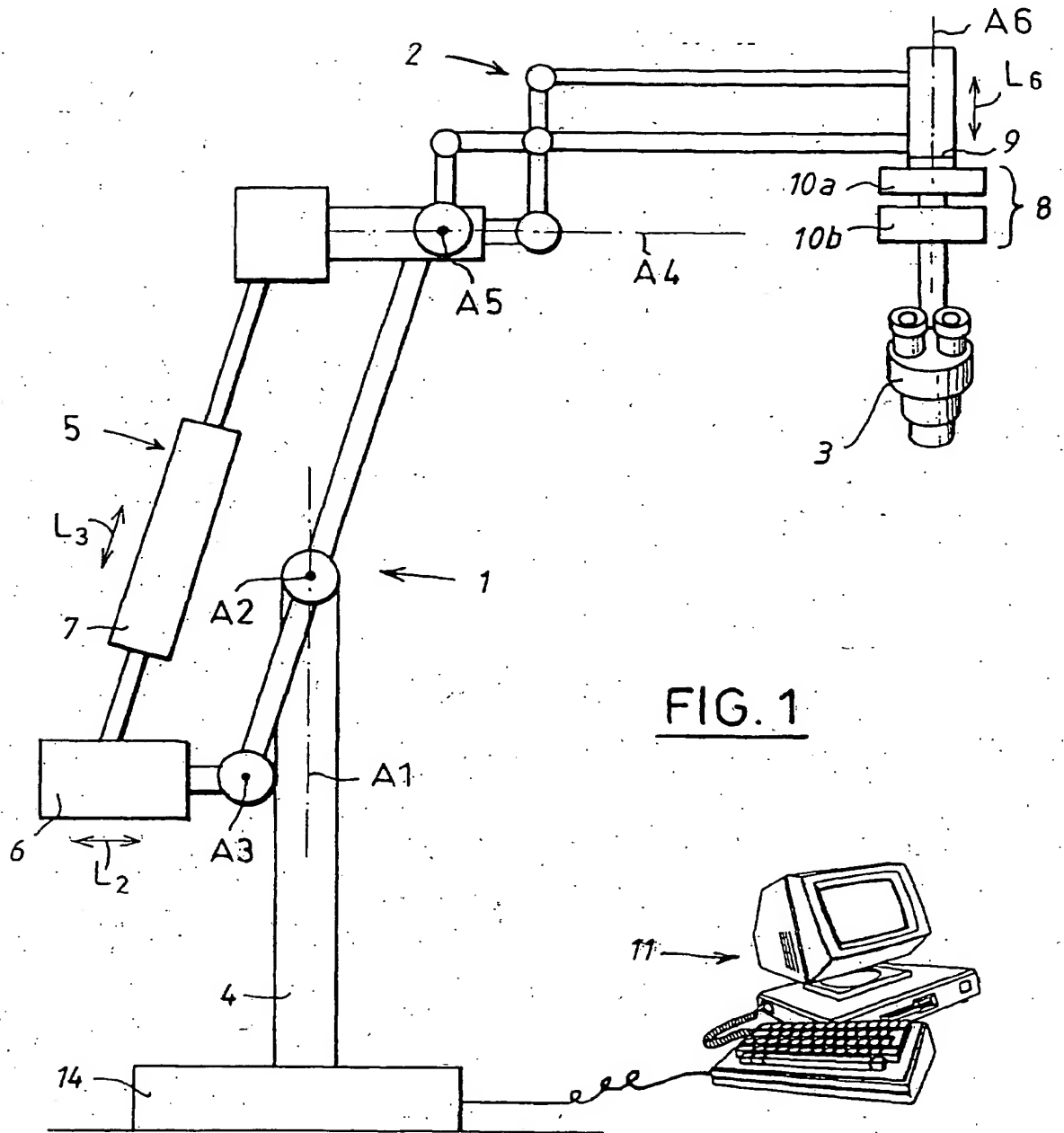


FIG.3

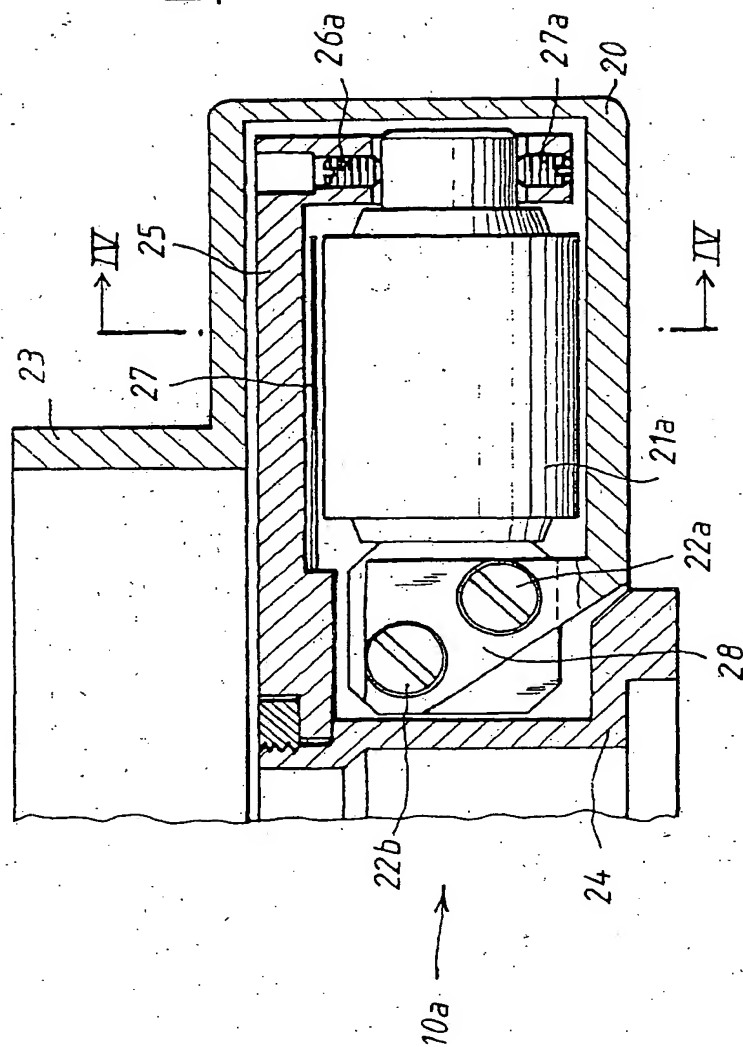


FIG.4

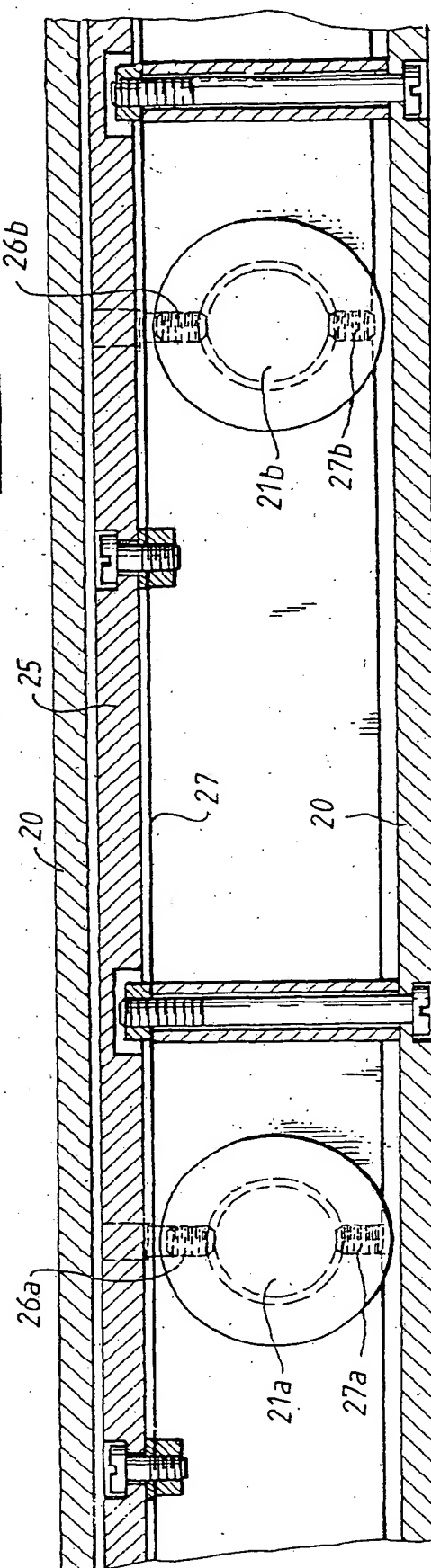


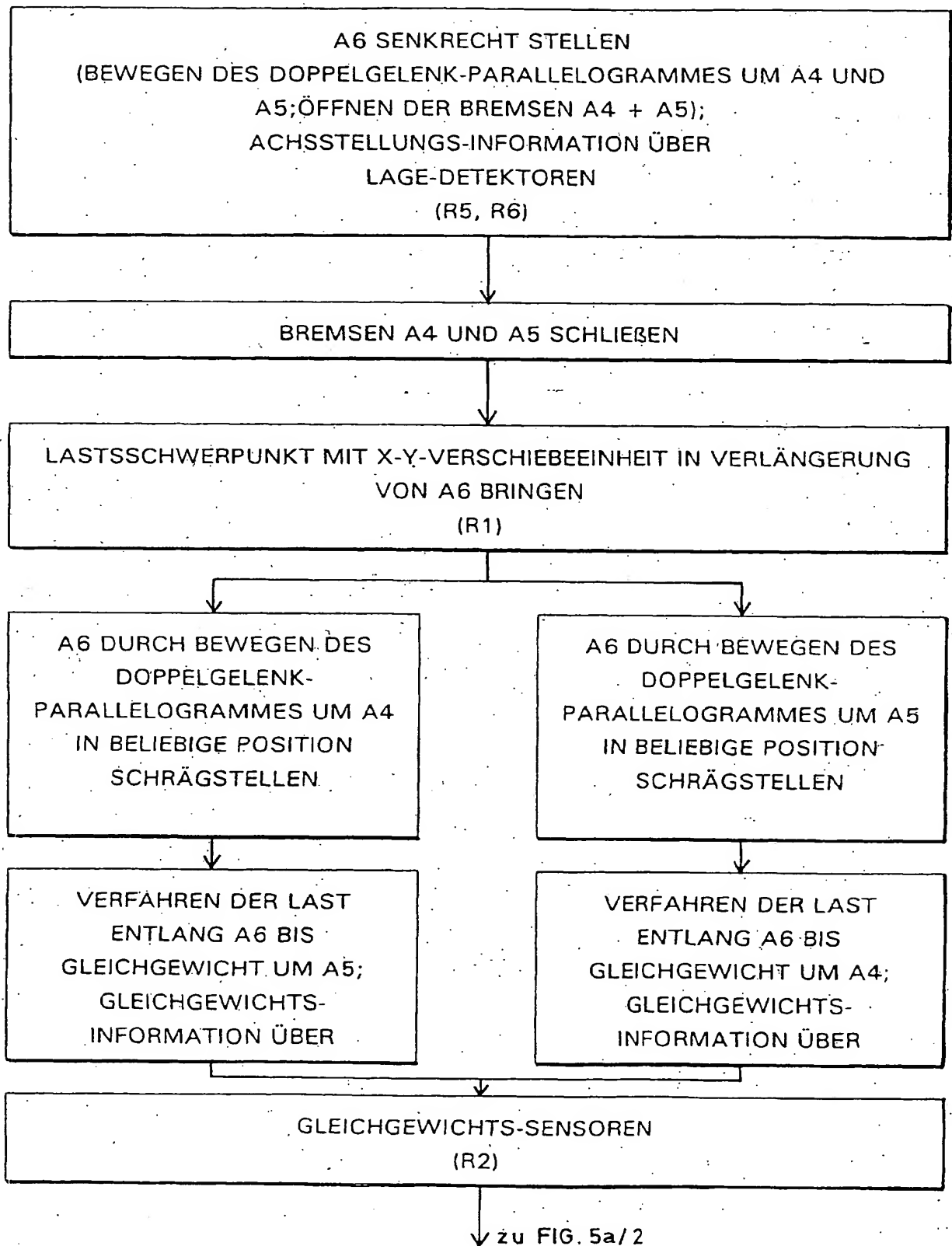
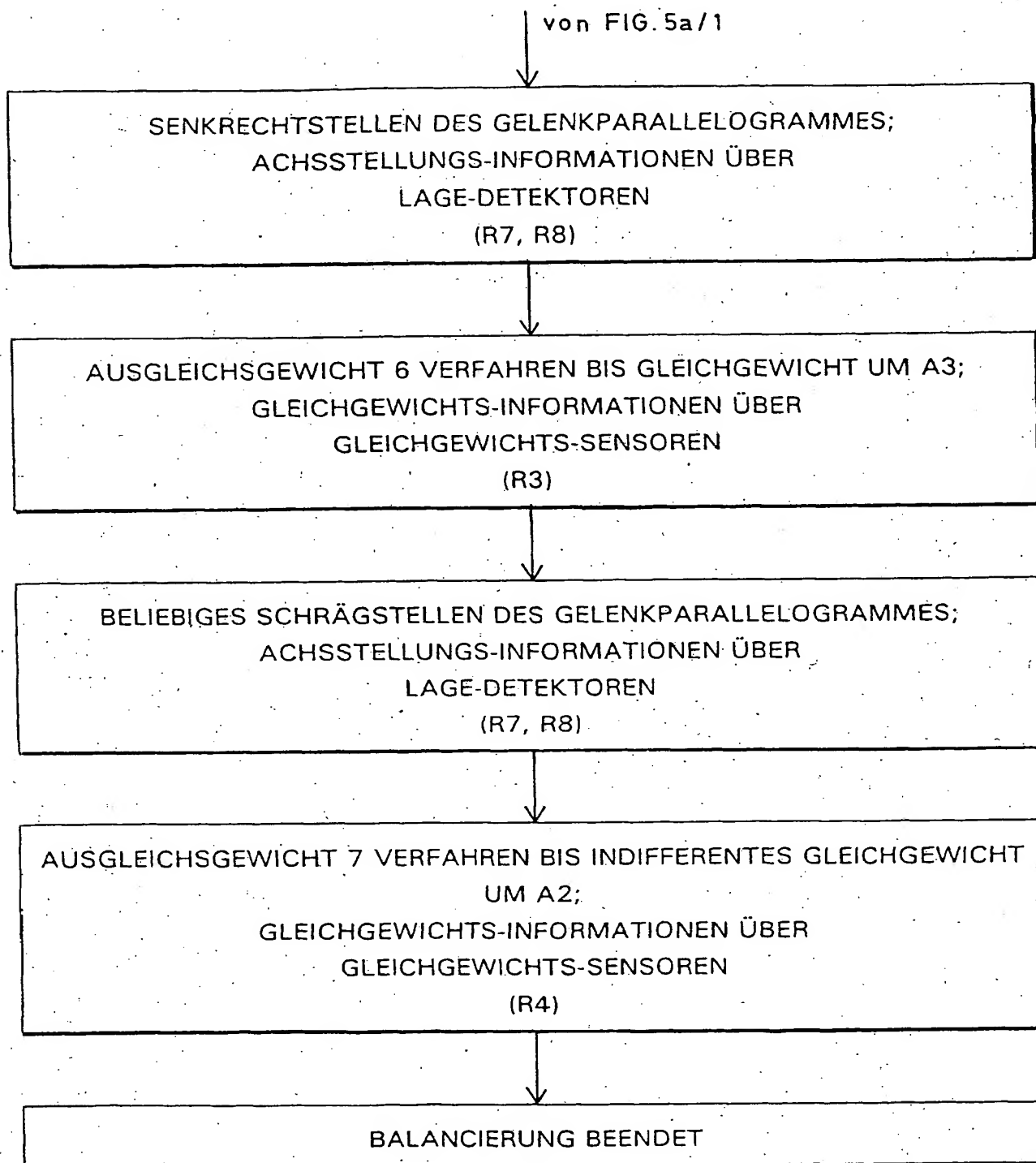
FIG. 5a /1

FIG. 5a/2

von FIG. 5a/1



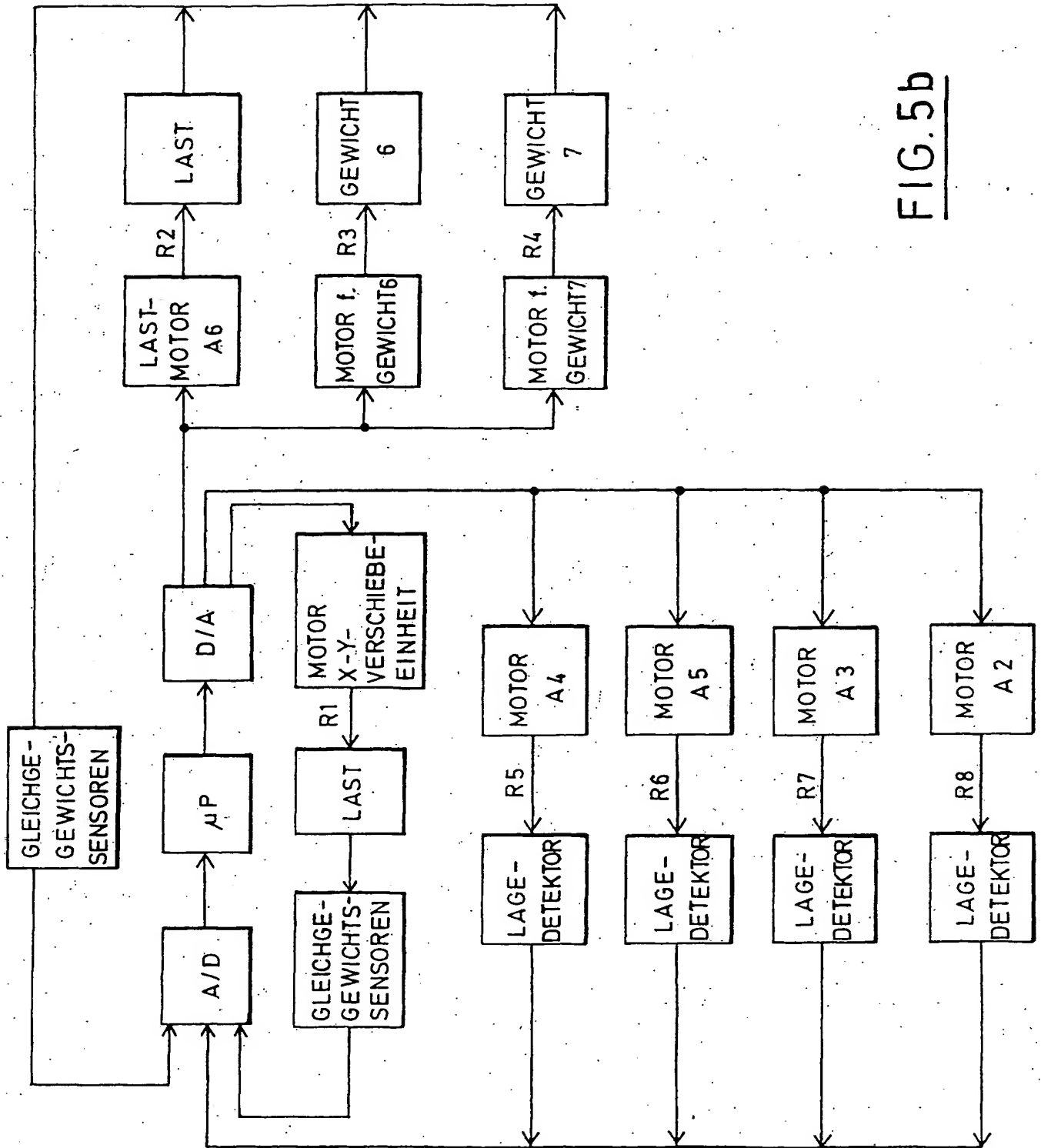


FIG. 5b

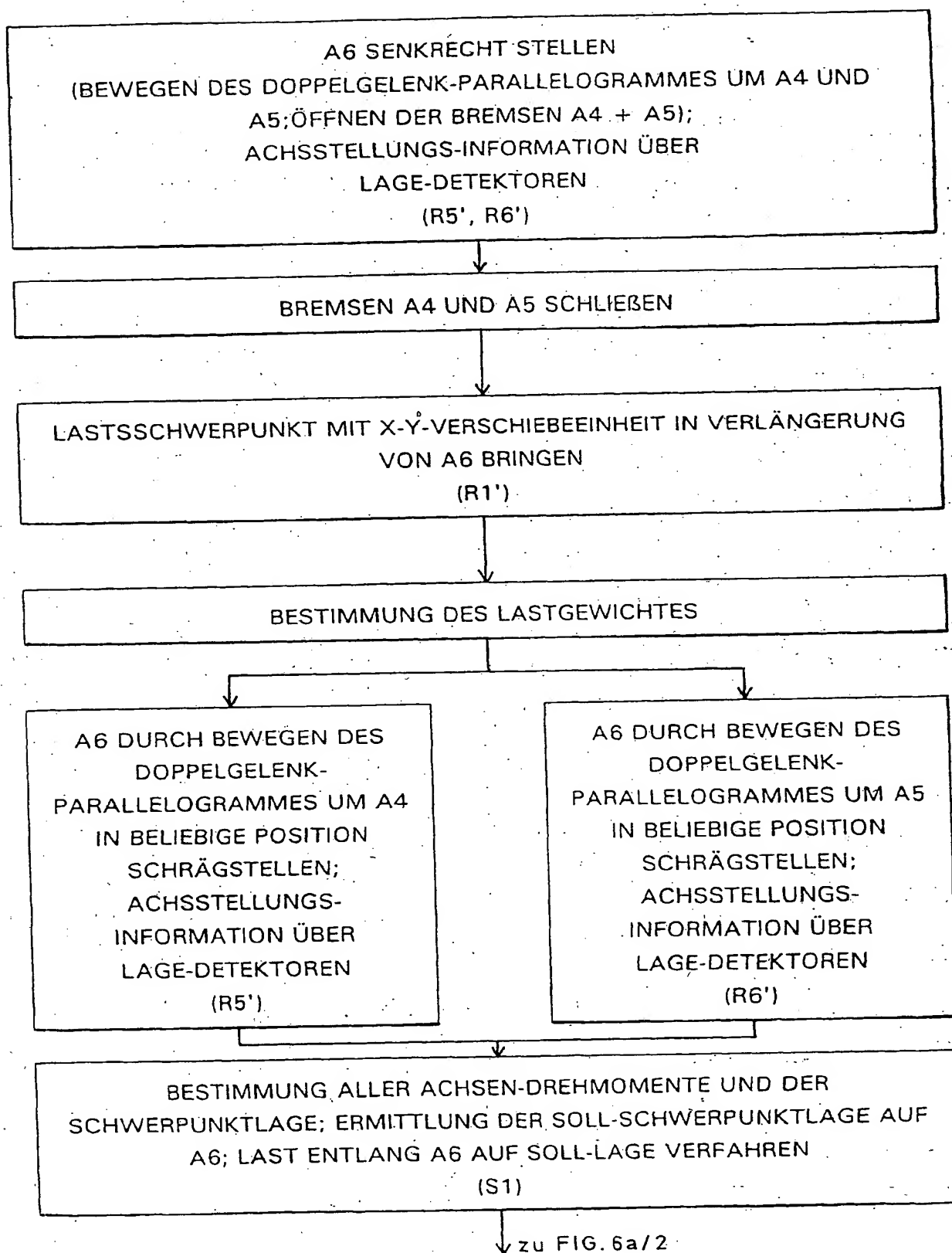
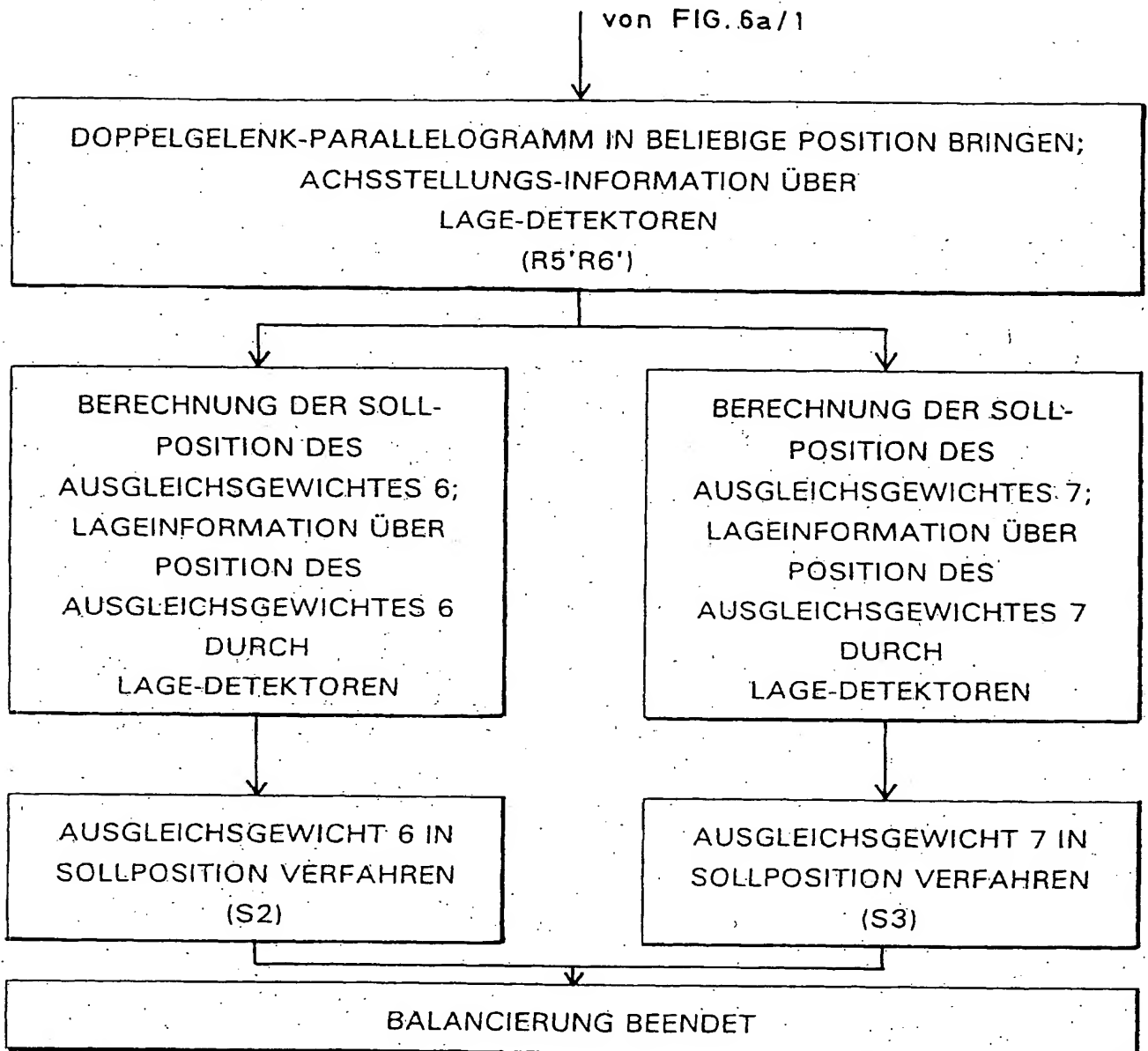
FIG. 6a/1

FIG. 6a/2

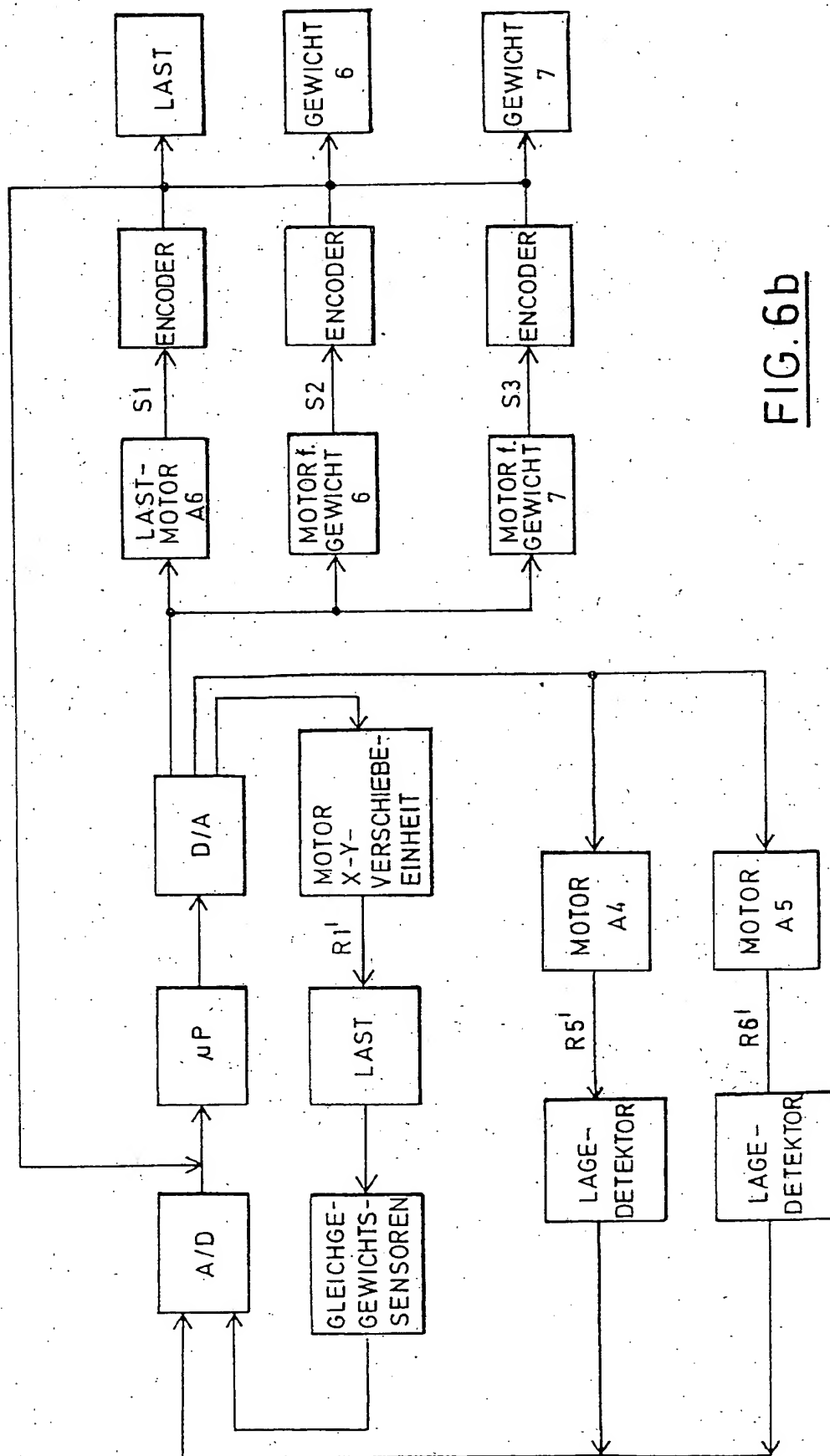


FIG. 6b